



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

PROJETO:
EQUARS

Plano de Desenvolvimento do ELISA

DOCUMENTO: EQUARS-4453-PLN-001-A

ESTADO: APROVADO

DESCRIÇÃO: Este documento apresenta a primeira versão do plano de desenvolvimento do instrumento ELISA. As informações aqui contidas foram estruturadas de forma a suportar a elaboração do plano de gerenciamento da Missão EQUARS para a revisão de fase PRR.

DATA: 30-08-2019

EDT: 4453 - ELISA

PÁGINAS: 18



AUTORES			
NOME	DIVISÃO	DATA	ASSINATURA
Ing Hwie Tan	LABAP/COCTE	30/8/19	

REVISORES			
NOME	DIVISÃO	DATA	ASSINATURA
Sinval Domingos	DIDAE/CGCEA	3/9/19	
Delano Gobbi	DIDAE/CGCEA	30.08.19	

APROVADO POR			
NOME	DIVISÃO	DATA	ASSINATURA
Leandro Toss Hoffmann	DIDSS/CGETE	30/8/19	

REVISÕES				
REV.	DATA	MUDANÇAS/ N. PÁG.	AUTOR	APROVADO POR
A	30-08-2019	Versão inicial	I. H. Tan	L. T. Hoffmann



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 ESCOPO DO DOCUMENTO	5
1.2 DOCUMENTOS APLICÁVEIS E DE REFERÊNCIA.....	5
1.2.1 Documentos Aplicáveis (DA).....	5
1.3 ACRÔNIMOS E DEFINIÇÕES	5
1.3.1 Lista de Acrônimos	5
2 PLANO DE DESENVOLVIMENTO – INSTRUMENTO ELISA	7
2.1 ELEMENTOS DA ARQUITETURA DO SISTEMA	7
2.2 ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO	8
2.3 LISTA DAS REVISÕES E MARCOS	9
2.4 FASE DE PROJETO PRELIMINAR E REVISÃO PDR	9
2.5 FASE DE PROJETO DETALHADO E REVISÃO CDR	10
2.5.1 Preparação para Prontidão de Fabricação.....	11
2.5.2 Calibração do EM e validação do banco de calibração do INPE (feixe de elétrons).....	12
2.6 FASE DE QUALIFICAÇÃO E FABRICAÇÃO E REVISÕES QR E AR.....	12
2.6.1 Construção do Modelo de Qualificação e Revisão QR.....	12
2.6.2 Construção do Modelo de Voo e Revisão AR.....	13
2.7 PREMISSAS, DEPENDÊNCIAS E RESTRIÇÕES.....	13
2.8 WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS).....	14
2.9 PLANO DE COLABORADORES	14
2.10 ABORDAGEM PARA AS CONTRATAÇÕES	15
2.11 REGULAMENTO, NORMAS, TÉCNICAS, MÉTODOS, FERRAMENTAS E MODELOS	15
2.12 GERENCIAMENTO DE RISCO	16
2.13 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES E ORÇAMENTO	16
2.14 PLANO DE DOCUMENTAÇÃO	16
2.15 MECANISMOS DE MONITORAMENTO E CONTROLE	17
2.15.1 Gerenciamento do Fornecedor.....	17
2.16 ATUALIZAÇÃO DESTE PLANO DE DESENVOLVIMENTO.....	17



1 INTRODUÇÃO

1.1 ESCOPO DO DOCUMENTO

Este documento descreve o plano de desenvolvimento do Instrumento ELISA (Electrostatic Energy Analyzer) a ser lançado no satélite EQUARS.

1.2 DOCUMENTOS APLICÁVEIS E DE REFERÊNCIA

1.2.1 Documentos Aplicáveis (DA)

- [DA-1] Instrumento ELISA – *Electrostatic Analyzer* – Analisador Eletrostático de Energias para o Satélite Científico EQUARS – *ELISA Specification*
- [DA-2] [EQUARS-0000-ANL-004-A] Proposta Científica: Requisitos e Concepção do Instrumento ELISA
- [DA-3] [EQUARS-1140-PLN-001-B] Plano de Gerenciamento de Riscos
- [DA-4] ECSS-E-HB-11-A - Technology readiness level (TRL) guidelines (1 March 2017)
- [DA-5] [EQUARS-1170-CMP-001-A] Plano de Gerenciamento de Configuração
- [DA-6] [EQUARS-3000-TS-001-A] Mission Assurance Requirements
- [DA-7] [EQUARS-3100-TS-001-A] Product Assurance Requirements – Space Segment

1.3 ACRÔNIMOS E DEFINIÇÕES

1.3.1 Lista de Acrônimos

- AR - Revisão de Aceitação para Vôo (Acceptance Review)
- CDR - Revisão de Projeto Detalhado (Critical Design Review)
- ELISA – Electrostatic Analyzer
- EQUARS – Equatorial Atmosphere Research Satellite
- ESAN – Electrostatic Analyzer North
- ESAL – Electrostatic Analyzer Leste
- ESAE – Electrostatic Analyzer Electronics
- ESAE – HVS - Electrostatic Analyzer Electronics High Voltage Supply
- ESAE – EC - Electrostatic Analyzer Electronics Electron Counter
- ESAE – ICDH - Electrostatic Analyzer Electronics Interface Control and Data Handling
- FAPESP – Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo



FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

MRR – Revisão de Prontidão para Manufatura (Manufacturing Readness Review)

PIPE – Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas

PAPPE – Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas

PDR - Revisão de Projeto Preliminar (Preliminary Design Review)

QR – Revisão de Qualificação (Qualification Review)

TBC - To Be Confirmed.

TBD - To Be Defined.



2 PLANO DE DESENVOLVIMENTO – INSTRUMENTO ELISA

O objetivo do instrumento ELISA é medir o espectro de energias de elétrons de 1 keV a 27 keV provenientes de duas direções perpendiculares (aproximadamente paralela e perpendicular ao campo geomagnético) a fim de estudar a precipitação de elétrons na Anomalia Magnética da América do Sul.

2.1 ELEMENTOS DA ARQUITETURA DO SISTEMA

O instrumento é composto de 3 módulos físicos:

- 1- ESAN – analisador eletrostático com visada para o Norte geográfico (+ 15° e - 15°)
- 2- ESAL – analisador eletrostático com visada para o Leste geográfico (+ 15° e - 15°)
- 3- ESAE – módulo de eletrônica composto dos submódulos

ESAE-HVS - submódulo fonte de tensão

ESAE-EC – submódulo de contagem de elétrons

ESAE-ICDH – submódulo de interface e manejo de dados

Já foram construídos os modelos de engenharia do módulo ESAN, sendo que o módulo ESAL é idêntico ao ESAN, bem como os modelos de engenharia dos submódulos ESAE-HVS e ESAE-EC. O submódulo ESAE-ICDH está em desenvolvimento pela empresa contemplada pelo projeto PIPE-PAPPE/FAPESP-FINEP, junto à qual temos tido reuniões frequentes de acompanhamento.

Os modelos de qualificação e vôo ainda serão contratados.

O principal elemento que suporta o desenvolvimento do instrumento é o sistema de calibração dos módulos ESAN e ESAL. Essa calibração será feita utilizando um sistema composto por um feixe de elétrons junto com o suporte com rotação em dois eixos (sistema gimbal para a variação do ângulo de incidência) e suporte X-Y para caracterização do feixe. Todos os elementos para a construção deste sistema já existem, mas ainda é necessária a reconfiguração e otimização de seu funcionamento.

Também será necessário o desenvolvimento de programas em Labview ou outra linguagem alternativa para interação com o experimento durante os testes funcionais e ambientais.

Os softwares utilizados já existentes e a serem desenvolvidos são:

- 1 - Aquisição de dados do analisador no feixe de elétrons – já existente. Inclui o controle do sistema gimbal de rotação em dois eixos, e a aquisição em computador do número de contagens detectado.

EQUARS	EQUARS-4453-PLN-001-A Plano de Desenvolvimento do ELISA	
--------	--	---

2 - Simulador do computador de bordo para testes ambientais – em Labview ou programa alternativo para interação com o experimento durante os testes de ciclagem térmica em vácuo.

3 – Softwares de processamento dos dados L0 até o nível L1 – programa para transformar os dados contidos nos frames de dados enviados pela telemetria (número de contagens nas 16 faixas de energia) em intensidade espectral do fluxo de elétrons, georeferenciado.

Os testes funcionais a serem feitos em bancada e durante o teste de ciclagem térmica em vácuo serão feitos em modo de monitoramento, quando o circuito do amplificador discriminador é conectado a um circuito de testes ao invés de ser conectado ao detector channeltron. Isto se deve à impossibilidade de fornecer elétrons ao detector channeltron fora do feixe de elétrons de calibração.

É muito importante ressaltar que o detector channeltron somente pode ser ligado (para isso é necessário fornecer alta tensão de 2.500V) em vácuo, com pressões abaixo de 10^{-4} mbar. Isto quer dizer que o experimento deverá ser lançado desligado e, em solo o detector poderá ser ligado durante testes apenas dentro da câmara de ciclagem térmica em vácuo ou dentro da câmara de vácuo do feixe de calibração.

Para testes em pressão atmosférica como interferência eletromagnética e testes em bancada, o instrumento deverá ser ligado em modo de stand-by quando todos os circuitos são alimentados em baixa tensão mas as altas tensões não são enviadas e em modo de monitoramento (amplificador-discriminador conectado ao circuito de testes).

Os testes funcionais da eletrônica dedicada do instrumento pode ser testado em bancada com equipamentos simples como osciloscópios, fontes de tensão e gerador de funções. Já os testes ambientais de Vibração e Ciclagem Térmica em Vácuo serão feitos no Laboratório de Integração e Testes (LIT) do INPE. Os testes de interferência eletromagnética será feita no LIT durante a integração do satélite.

Como mencionado no documento de Requisitos Científicos, o funcionamento do analisador depende da entrada dos elétrons do ambiente espacial para dentro da região das placas cilíndricas do analisador sem interferência na sua trajetória original. Isso limita o uso de magneto-torques para o controle de atitude do satélite, pois o campo magnético gerado desviará os elétrons de sua trajetória podendo até impedir a sua entrada.

2.2 ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO

Serão programadas revisões para acompanhar o desenvolvimento do instrumento, conforme item abaixo (Detalhamento do Desenvolvimento).

A partir do modelo de engenharia já existente dos módulos do instrumento ELISA, será contratada junto às empresas do setor aeroespacial, uma revisão de manufatura e a construção dos modelos de qualificação e de voo.

Paralelamente haverá a finalização da reconfiguração e otimização do feixe de elétrons para a calibração dos módulos ESAN e ESAL, a ser feito no Laboratório Associado de Plasmas do INPE pelos

EQUARS	EQUARS-4453-PLN-001-A Plano de Desenvolvimento do ELISA	
--------	--	---

pesquisadores do instituto. Também será realizada a calibração em um laboratório externo, com capacidade comprovada para tal ensaio.

Deve-se ressaltar que, a todo momento, antes da entrega e aceite final dos equipamentos pelo INPE, a manipulação e configuração dos equipamentos devem ser realizados exclusivamente pelos colaboradores do fornecedor. Isso inclui, também, as atividades de testes antes do recebimento final por parte do INPE.

2.3 LISTA DAS REVISÕES E MARCOS

O ELISA contará com as seguintes revisões de fase e marcos relevantes:

- PDR - Revisão de Projeto Preliminar (Preliminary Design Review)
- CDR - Revisão de Projeto Detalhado (Critical Design Review)
- QR – Revisão de Qualificação (Qualification Review)
- AR - Revisão de Aceitação para Vôo (Acceptance Review)

2.4 FASE DE PROJETO PRELIMINAR E REVISÃO PDR

Serão formalizados os materiais e os processos a serem utilizados na construção dos equipamentos e definidos, dentre os processos críticos, os processos especiais que carecem de qualificação. Os materiais estocados serão verificados conforme essas definições ainda nesta fase de projeto preliminar.

Previsão para a qualificação dos processos especiais, bem como para a validação dos materiais de voo, que seguirão as regras estabelecidas no documento [DA-7]. Também serão definidos os pontos de inspeção mandatórios (MIP).

Nesta fase serão identificados e descritos os softwares envolvidos no desenvolvimento, testes e qualificação do equipamento. Também nesta terá início a elaboração dos planos de desenvolvimento dos softwares para todas as futuras fases do equipamento.

Os testes ambientais e funcionais, nas futuras fases de desenvolvimento do sistema, serão realizados INPE ou instalações que tenham condições comprovadas para tal. As tratativas de custos e programação serão alinhadas e formalizadas durante esta fase, de forma que os testes possam ser executados nas fases seguintes.

Também é necessário definir a instituição externa que realizará a verificação da calibração dos MEs dos equipamentos ESAN e ESAL, que, por consequência, irá validar os procedimentos e instalações do INPE. A calibração desses EMs acontecerá na próxima fase.

Também serão configurados os documentos já existentes do equipamento, bem como da avaliação do nível de sua prontidão tecnológica (TRL), de acordo com a classificação apresentada em [DA-4].

Nesta fase será formalizado o acordo de fornecimento das peças mecânicas para todos os modelos por meio do projeto PIPE-PAPPE [TBD-1].



Ao final da fase acontecerá uma revisão de fase PDR, onde devem ser entregues as especificações, os desenhos e artefatos para caracterização do instrumento e listas de materiais e processos de forma a permitir o avanço nas discussões do projeto detalhado do equipamento. Quaisquer definições do equipamento que sejam realizadas nessa fase, deverão respeitar os níveis de qualidade, segurança e confiabilidade definidos para a Missão EQUARS [DA-6 e DA-7].

2.5 FASE DE PROJETO DETALHADO E REVISÃO CDR

Com base nas informações advindas da revisão de fase anterior, nesta fase, serão revisados os projetos detalhados do ELISA que já existem e desenvolvidos os demais detalhamentos necessários. Dessa forma, será complementado o documento, “Instrumento ELISA – Electrostatic Analyzer, Analisador Eletrostático de Energias para o Satélite Científico EQUARS, ELISA SPECIFICATION”, onde o detalhamento do instrumento é apresentado. De antemão, já sabe-se que algumas modificações no modelo de engenharia já existente serão necessárias, a listar:

1. adição de resistores de baixa resistência para proteção da fonte de alta tensão,
2. adição de um circuito de stand-by no mesmo circuito de modo que as altas tensões não sejam aplicadas ao detector nem às placas internas do analisador,
3. a introdução de um segundo tempo de contagem através de parâmetro enviado pelo circuito de interface,
4. modificação na transferência de dados à interface de modo a diminuir o número de pinos do conector.

Ainda assim, a revisão e atualização do documento [TBD-3] podem acrescentar outras modificações.

Nessa fase, será contratada uma empresa para a revisão e liberação dos projetos detalhados do equipamento, para contemplar as necessidades levantadas nas análises realizadas, bem como para realizar o retrabalho no modelo de engenharia. Serão acordados entre a empresa e o INPE os pontos de inspeção mandatórios (MIPs).

Essa mesma empresa será a responsável por executar o projeto de fabricação e a fabricação e montagem dos equipamentos de qualificação e voo para as próximas fases, incluindo os testes aplicáveis.

Nesta revisão serão feitos novos testes funcionais neste modelo de engenharia modificado. Também será realizada a calibração do modelo de engenharia, o que servirá para definir o processo, procedimento e instrumentação de calibração dos QM e FM que serão desenvolvidos nas próximas fases, bem como o treinamento da equipe que realizará estas atividades. Para que essa calibração aconteça, será necessária a finalização dos equipamentos de calibração e os softwares associados, o que deve acontecer ainda nesta fase.

Deve-se salientar que a empresa contratada para confecção do retrabalho no modelo de engenharia será responsável pela manipulação de todos os equipamentos até o evento de aceitação final deste modelo de engenharia por parte do INPE.



Os testes funcionais e de aceitação do equipamento serão realizados antes da calibração, de forma a permitir agilidade para a equipe do INPE realizar as atividades de calibração necessárias.

Os processos especiais deverão ser qualificados e aprovados pelo INPE, de acordo com o documento [DA-7].

Nesta fase também serão dadas as tratativas para o desenvolvimento dos softwares listados na fase anterior. Alguns dos softwares deverão ser desenvolvidos nesta própria fase, de modo a permitir a realização dos testes e validação dos modelos de qualificação e vôo que serão desenvolvidos na fase seguinte.

Nessa fase, também deverão ser alinhados e acordados, dentro da estrutura organizacional do INPE, os protocolos de comunicação e como os dados serão disponibilizados durante a operação da Missão. Essa documentação irá direcionar o desenvolvimento de eventuais softwares relacionados.

Ao final da fase acontecerá uma revisão de fase CDR, onde devem ser entregues: um dossiê as-designed do modelo de engenharia, o modelo de engenharia retrabalhado conforme as necessidades apontadas e toda a documentação aplicável ao projeto detalhado do equipamento, o que permitirá o avanço para a fase de projeto e fabricação dos equipamentos de qualificação e vôo.

Todos os projetos detalhados para a fabricação do QM e do FM devem ser elaborados respeitando os níveis de qualidade, segurança e confiabilidade definidos para a Missão EQUARS [DA-6 e DA-7].

Os desenvolvimentos serão avaliados e espera-se que, ao final da fase e durante a revisão, o equipamento seja classificado com TRL 6 de acordo com a classificação apresentada em [DA-4].

Nessa revisão também será realizada a atualização aplicável da documentação do projeto.

2.5.1 Preparação para Prontidão de Fabricação

Nesta etapa serão levantados e qualificados os planos e processos para a fabricação dos modelos de qualificação e vôo. Também serão desenvolvidos os formulários e padrões que serão utilizados.

Serão qualificados os materiais, processos e instalações que serão utilizados e as equipes que trabalharão na fabricação dos modelos QM e FM, bem como os registros que comprovam que a empresa tem condições de fabricar tais modelos.

Para a fabricação destes modelos, o INPE irá fornecer os componentes eletrônicos críticos, conforme [TBD-4], com qualificação espacial. Os demais componentes necessários para a fabricação dos modelos QM e FM que não forem disponibilizados pelo INPE deverão ser adquiridos pela empresa e devem atender às especificações dos documentos aprovados nas fases anteriores.

Ao final dessa fase, será realizada uma auditoria [MRR] que verificará a prontidão para a fabricação dos modelos QM e FM, por meio de inspeção na Empresa, contemplando a verificação e aprovação dos projetos, planos, processos da empresa fabricante, bem como a habilitação da equipe para a fabricação e se todos os componentes (incluindo peças mecânicas fornecidas pelo projeto PIPE-PAPPE [TBD-1]) estão disponíveis e em condições para uso. Somente após essas aprovações, se dará início a fabricação dos modelos QM e FM do equipamento.

EQUARS	EQUARS-4453-PLN-001-A Plano de Desenvolvimento do ELISA	
--------	--	---

2.5.2 Calibração do EM e validação do banco de calibração do INPE (feixe de elétrons)

Os modelos de engenharia dos módulos ESAN e ESAL serão calibrados pela equipe do INPE no feixe de elétrons do Laboratório Associado de Plasmas e, posteriormente, verificados em outra instituição com a devida capacidade.

Este feixe está em processo de reconfiguração e otimização. Será realizada a calibração interna e a verificação da calibração externamente ao INPE para validar o banco de calibração por meio de testes com o EM.

2.6 FASE DE QUALIFICAÇÃO E FABRICAÇÃO E REVISÕES QR E AR

Nessa fase, com base no desenvolvimento aprovado na fase anterior, serão elaborados os projetos, planos e processos para a fabricação, calibração, testes e aceitação dos modelos QM e FM. Após a verificação e aprovação desses documentos, se dará início a fabricação dos modelos de qualificação e vôo do equipamento.

Ainda nessa fase, serão desenvolvidos os softwares de acordo com o plano de desenvolvimento aprovado na CDR.

2.6.1 Construção do Modelo de Qualificação e Revisão QR

Após a revisão CDR, a empresa tem autorização para iniciar a fabricação dos modelos QM e FM, conforme aprovados. Os modelos QM e FM serão idênticos.

A fabricação e montagem dos equipamentos deve seguir os projetos, processos e procedimentos aprovados na revisão CDR e devem ser executados pela equipe que foi previamente avaliada. Devem ser respeitados os níveis de qualidade, segurança e confiabilidade definidos nos projetos detalhados e que devem estar em acordo com as definições da Missão EQUARS [DA-6 e DA-7].

Os circuitos serão então integrados aos módulos mecânicos (caixas de alumínio) que estão sendo fabricados e serão fornecidos pela empresa contemplada com projeto PIPE-PAPPE da FAPESP-FINEP. A empresa já se comprometeu a assinar um termo de doação dos módulos mecânicos ao término da fabricação.

Primeiramente, serão realizados os testes funcionais (conforme REF TBD-5) e ambientais (conforme REF TBD-6) do QM, que posteriormente será submetido à calibração (conforme REF TBD-7), de forma a atender os processos e procedimentos aprovados nas fases anteriores.

Os resultados dos testes realizados no QM indicarão se o modelo cumpre integralmente com as necessidades da Missão EQUARS. Caso o modelo QM apresente eventuais discrepâncias com relação aos requisitos da Missão, os projetos e o modelo físico do QM serão submetidos a ajustes, de forma a garantir tais requisitos.

A empresa contratada para a fabricação dos modelos é responsável pela manipulação dos equipamentos ao longo de toda a fase, bem como pelos ajustes necessários na eventual situação onde o QM não cumpra os requisitos da Missão EQUARS.

EQUARS	EQUARS-4453-PLN-001-A Plano de Desenvolvimento do ELISA	
--------	--	---

Também é responsabilidade da Empresa desenvolver todos os EGSEs aplicáveis para os testes aos quais os equipamentos QM e FM serão submetidos.

Será entregue pela empresa o documento “dossiê as-built”. Também serão desenvolvidas as documentações necessárias para a realização da QR.

Os testes de compatibilidade eletromagnética serão realizados no AIT do satélite [TBC-1].

Os desenvolvimentos serão avaliados e espera-se que, ao final da fase e durante a revisão, o equipamento seja classificado com TRL 7 de acordo com a classificação apresentada em [DA-4].

Nessa revisão também será realizada a atualização aplicável da documentação do projeto.

2.6.2 Construção do Modelo de Voo e Revisão AR

Após a QR, o FM será fabricado de acordo com o que foi aprovado no QR, uma vez que ficou comprovado e validado que o QM cumpre com os requisitos da Missão EQUARS.

O FM será ensaiado de maneira a comprovar sua operacionalidade. Dessa forma, o FM será submetido a testes específicos de funcionalidade e ambientais, conforme [REF TBD-8].

Após os testes, será realizada uma inspeção de aceitação do FM.

Ao final da fase acontecerá uma revisão de fase AR, onde será entregue e aceito o FM do ELISA e a documentação associada.

Uma vez entregue e aceito o FM, a empresa deixa de manipular o equipamento, que passa para a responsabilidade do INPE para realização da montagem e integração do Satélite EQUARS.

Os desenvolvimentos serão avaliados e espera-se que, ao final da fase e durante a revisão, o equipamento seja classificado com TRL 8 de acordo com a classificação apresentada em [DA-4].

2.7 PREMISSAS, DEPENDÊNCIAS E RESTRIÇÕES

A calibração do instrumento ELISA está baseado na premissa de que o feixe de elétrons será otimizado a contento e sua caracterização terá a confiabilidade necessária para determinar quantitativamente o Fator Geométrico (constante de calibração) do analisador.

O plano de desenvolvimento prevê a contratação de empresa para executar as tarefas e portanto depende da sua competência e comprometimento para concluir o que for acordado.

Os módulos mecânicos (caixas de alumínio) que abrigam os circuitos eletrônicos e os detectores serão fornecidos pela empresa que foi contemplada pelo projeto PIPE-PAPPE da FAPESP/FINEP. Este projeto foi concluído em junho/2019, sendo que alguns módulos já foram entregues, mas a entrega de todos os módulos até outubro/2019 conforme acordado, dependerá do comprometimento da empresa.

EQUARS	EQUARS-4453-PLN-001-A Plano de Desenvolvimento do ELISA	
--------	--	---

A reconfiguração do feixe de elétrons no seu aspecto mecânico também depende da entrega prometida pela empresa contemplada pelo projeto PIPE-PAPPE do sistema de movimentação X-Y e outros componentes menores.

Os serviços de usinagem mecânica que dependem da entrega a ser feita pela empresa contemplada pelo projeto PIPE-PAPPE, podem ser em parte feitos na oficina mecânica do INPE se necessários.

O modelo de engenharia do submódulo de interface ESAE-ICDH está sendo desenvolvido por uma segunda empresa, que foi contemplada com outro projeto PIPE-PAPPE da FAPESP/FINEP. As reuniões de acompanhamento indicam uma boa progressão do projeto que tem final previsto para agosto de 2020.

2.8 WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)

A primeira versão da WBS do ELISA será apresentada na fase PDR do ELISA.

2.9 PLANO DE COLABORADORES

O desenvolvimento do instrumento ELISA conta com a seguinte equipe:

Ing Hwie Tan - Investigadora Principal (LABAP- COCTE – INPE) – responsável pelo acompanhamento técnico e legal da execução do contrato com a empresa a ser contratada para a fabricação dos modelos de qualificação e vôo, bem como das empresas que desenvolvem partes do projeto através de seus contratos com a FAPESP/FINEP (projeto PIPE-PAPPE). Além disso, orientará o trabalho do bolsista PCI-DA na reconfiguração do feixe de elétrons e calibração dos analisadores. (dedicação integral)

Sinval Domingos – engenheiro responsável pelo projeto eletrônico (CEA – DAE – INPE) - também será responsável pelo acompanhamento técnico da execução do contrato com a empresa responsável pela fabricação dos modelos de qualificação e vôo e pelo acompanhamento da empresa responsável pelo desenvolvimento do módulo de interface via projeto PIPE-PAPPE da FAPESP/FINEP. (dedicação parcial 20%)

Ricardo Irita – engenheiro eletrônico de apoio (LABAP- COCTE – INPE). Desenvolve a concepção de uma ICDH para o ELISA baseado em FPGA. (dedicação eventual).

Bolsista PCI-DA a ser definido – trabalhará na reconfiguração e caracterização do feixe de elétrons, bem como na efetiva calibração do analisador. (dedicação integral). Esse bolsista será buscado em futuras chamadas do programa PCI do INPE.

Delano Gobbi - (CEA – DAE – INPE) – responsável pelo Payload Científico do satélite EQUARS, (dedicação eventual)

Cesar Strauss – apoio na organização e elaboração de documentos (dedicação parcial)

Escritório de Projetos da CEA - Suporte na organização das atividades (acionamento sob demanda).

Empresas - Retrabalho do EM, fabricação, montagem e testes do QM e FM, fabricação de EGSEs.

EQUARS	EQUARS-4453-PLN-001-A Plano de Desenvolvimento do ELISA	
--------	--	---

Além da equipe diretamente ligada ao instrumento contamos com o apoio da Equipe responsável pela engenharia do satélite EQUARS, o que inclui análise de missão mais diretamente ligada ao instrumento ELISA como o cálculo das linhas de campo geomagnético na região da Anomalia Magnética, e restrições ao uso do magnetotorque.

2.10 ABORDAGEM PARA AS CONTRATAÇÕES

A contratação do Serviço de Manufatura do Instrumento ELISA tem como objeto entregável os conjuntos de Engenharia Revisado, de Qualificação e de Vôo dos módulos ESAN, ESAL, e ESAE do instrumento e a documentação detalhada (dossiê-as-designed e dossiê-as-built).

A empresa irá fazer uma revisão detalhada do projeto de cada módulo e submódulo do modelo de engenharia existente, e irá fazer as modificações necessárias já listadas acima e no documento “Instrumento ELISA – Electrostatic Analyzer, Analisador Eletrostático de Energias para o Satélite Científico EQUARS, ELISA SPECIFICATION”. A seguir os módulos que serão modificados terão um novo modelo de engenharia construído e testado funcionalmente. O modelo de engenharia dos módulos ESAN e ESAL serão disponibilizados pela empresa para serem calibrados do feixe de elétrons do INPE e no exterior.

Após a aprovação do dossiê-as-designed e do relatório dos testes funcionais do modelo de engenharia revisado, os procedimentos, materiais e a infraestrutura da empresa serão inspecionados para a fabricação do modelo de qualificação. Os componentes com qualificação espacial serão fornecidos pelo INPE, bem como os módulos mecânicos (caixas de alumínio que abrigam os circuitos e sensores). A empresa irá adquirir os demais componentes qualificados e não fornecidos pelo INPE.

Após a auditoria para fabricação, o modelo de qualificação será construído, bem como as EGSEs e software necessárias para os testes ambientais. Antes dos testes ambientais o modelo de qualificação dos módulos ESAN e ESAL serão calibrados no feixe de elétrons do INPE. Para a QM não está previsto a calibração no exterior. Os testes funcionais serão realizados antes e depois dos testes ambientais com níveis de qualificação (vibração e ciclagem térmica em vácuo). Eventuais problemas detectados durante os testes ambientais deverão ser reparados pela empresa a não ser que o problema tenha sido causado por defeito em algum componente fornecido pelo INPE. Neste caso o INPE arcará com os custos adicionais de reposição do componente. Sanados todos os eventuais problemas o dossiê-as-built será entregue pela empresa e uma revisão de qualificação será feita (QR).

Após a QR, será iniciada a fabricação do modelo de vôo dos módulos. A FM dos módulos ESAN e ESAL serão calibrados no feixe de elétrons do INPE. A calibração no exterior somente será feita se o feixe de elétrons do INPE não estiver em condições confiáveis de operação. Os testes funcionais e ambientais serão feitos em nível de aceitação. Após a realização da revisão de aceitação (AR) o equipamento será entregue para integração no satélite.

As empresas a serem contratadas não têm vínculo contratual com o INPE, mas os projetos com os quais foram contemplados pelo PIPE-PAPPE da FAPESP/FINEP, consistem no desenvolvimento de componentes relacionados aos instrumentos a serem embarcados no satélite EQUARS, incluindo o ELISA. Ambas as empresas têm se comprometido com a doação dos itens fabricados ao INPE.



2.11 REGULAMENTO, NORMAS, TÉCNICAS, MÉTODOS, FERRAMENTAS E MODELOS

As normas de qualificação espacial e testes ambientais a serem observadas para o instrumento ELISA estão descritas nos documentos:

[DA-6] e [DA-7] – Documentos da Garantia do Produto da Missão EQUARS

E30000-ENV-044v00 [TBD-11] - EQUARS Environmental Specification

Além disso, especificamente para o instrumento ELISA, as seguintes normas estão previstas para os materiais e processos:

Alumínio 7075: que atenda aos requisitos composicionais da ASTM B211. Ou 6061-T6, ou 6061-T6511. Para chapas finas (blindagem interna dos submódulos do HVS) a liga 5052F pode ser usada.

Cobre OFH C102: que atenda aos requisitos composicionais da ASTM B152. O mesmo material será usado para as placas cilíndricas e buchas das conexões de alta tensão.

Teflon: que atenda aos requisitos de outgassing da ASTM E595

Aço Inox: AISI 316L. Serão dois parafusos M2 de 32mm de comprimento, um para cada módulo ESAN e ESAL.

Os processos de tratamento superficial a serem utilizados são:

Alodine 1000L: a ser aplicado sobre a superfície de alumínio, deve obedecer à norma MIL-C-5541 classe 3, Tipo 1.

Ebonol C: processo de enegrecimento a ser aplicado sobre a superfície do cobre das placas cilíndricas, deve obedecer à norma MILF-495

Banho de ouro: a ser aplicado sobre a superfície das buchas de cobre das conexões de alta tensão. Esta deposição será feita no INPE no Laboratório de Plasmas, pelo processo de Implantação Iônica por Imersão em Plasmas (IIIP).

Normas para os componentes eletrônicos [TBD-9].

2.12 GERENCIAMENTO DE RISCO

A gestão de riscos para o desenvolvimento do ELISA adotará os padrões, ferramentas e sistemas adotados para a Missão EQUARS, conforme referência [EQUARS-1140-PLN-001].

2.13 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES E ORÇAMENTO

O cronograma é apresentado em arquivo pdf Anexo A.

Os custos estimados para o desenvolvimento do equipamento são de R\$3.000.000,00.



2.14 PLANO DE DOCUMENTAÇÃO

Todos os documentos elaborados para o desenvolvimento do ELISA deverão seguir o plano de documentação da Missão EQUARS [DA-5].

2.15 MECANISMOS DE MONITORAMENTO E CONTROLE

Ao longo da execução das atividades, estas serão comparadas com este plano de desenvolvimento, seus anexos e outros planos complementares.

Eventuais discrepâncias deverão ser registradas e submetidas para análise da gestão da Missão EQUARS. Estas atividades devem seguir os requisitos de garantia do produto para a Missão EQUARS.

Deverão ser gerados relatórios de status de desenvolvimento a cada dois meses.

2.15.1 Gerenciamento do Fornecedor

Ao longo da execução das atividades do fornecedor, seu trabalho será acompanhado conforme o plano de execução apresentado pela empresa contratada.

Eventuais discrepâncias deverão ser registradas e submetidas para análise da gestão da Missão EQUARS. Estas atividades devem seguir os requisitos de garantia do produto para a Missão EQUARS.

Fica a critério do INPE a realização de auditorias, inspeções, reuniões e acompanhamento das atividades conforme os responsáveis do INPE julgarem necessário.

A empresa deverá fornecer um relatório de status com periodicidade de dois meses, que deve ser entregue ao responsável pelo ELISA no INPE. O relatório de status da empresa deve ser entregue duas semanas antes da elaboração do relatório de status do ELISA para a gestão da Missão EQUARS.

2.16 ATUALIZAÇÃO DESTE PLANO DE DESENVOLVIMENTO

Esta seção provê a periodicidade e critério de avaliação do plano. Onde avaliar o plano envolve examiná-lo por dois ângulos diferentes:

- Avaliar o conteúdo do plano (inicialmente e após a revisão); e
- Avaliar o uso e gerenciamento do plano.

A metodologia utilizada para avaliar o plano inclui a revisão da documentação e observação da implantação do processo.

Nos marcos do ciclo de vida do produto, este plano e a sua implementação serão avaliadas por meio das revisões de gerenciamento de projeto. Essa formalização visa assegurar que o projeto e atividades planejadas evoluam conjuntamente.

Este plano precisará ser revisado sempre que:

- o escopo da missão sofrer alterações;
- o projeto tiver um avanço de fase;

EQUARS	EQUARS-4453-PLN-001-A Plano de Desenvolvimento do ELISA	
--------	--	---

- as atividades do projeto sofrerem alteração no seu gerenciamento, planejamento e implantação;
- a missão sofrer alteração nos procedimentos e normas seguidos;
- a missão sofrer alteração na infraestrutura da missão;
- alteração dos segmentos ou suas interações; e
- houver modificação no organograma, na organização das equipes e nos recursos já definidos anteriormente.

O uso deste plano deve ser avaliado em termos das tarefas e responsabilidades aqui detalhadas.

Tal avaliação trata de revisar o status de cada tarefa elencada e sua forma adequada de execução, verificando também a qualidade dos resultados e o cronograma atualizado.

EQUARS	EQUARS-4453-PLN-001-A Plano de Desenvolvimento do ELISA	
--------	--	---

LISTA DE ITENS TO BE DEFINED		
ID	DESCRIÇÃO	STATUS
TBD-1	Definir o número do documento configurado com o contrato PIPE-PAPPE	Pendente
TBD-2	Incluir o número do documento configurado relativo aos níveis de qualidade, segurança e confiabilidade. Este documento será emitido pela Missão EQUARS.	Concluído
TBD-3	Falta configurar o documento “Instrumento ELISA – Electrostatic Analyzer, Analisador Eletrostático de Energias para o Satélite Científico EQUARS, ELISA SPECIFICATION” nos sistemas da Missão EQUARS	Pendente
TBD-4	Elaborar documento com lista de componentes que serão fornecidos pelo INPE.	Pendente
TBD-5	Elaborar e configurar documento com a descrição e especificação dos testes funcionais do ELISA QM e FM.	Pendente
TBD-6	Elaborar e configurar documento com a descrição e especificação dos testes ambientais do QM ELISA	Pendente
TBD-7	Elaborar e configurar procedimento de calibração do ELISA	Pendente
TBD-8	Elaborar e configurar documento com a descrição e especificação dos testes ambientais do FM ELISA.	Pendente
TBD-9	Montar lista e configurar as normas aplicáveis dos componentes eletrônicos.	Pendente
TBD-10	Documento a ser emitido pela Missão EQUARS.	Concluído
TBD-11	Falta definir quais serão os critérios de testes ambientais adotados pela versão mais recente da Missão EQUARS.	Pendente
LISTA DE ITENS TO BE CONFIRMED		
ID	DESCRIÇÃO	STATUS
TBC-1	Confirmar com a Missão EQUARS como os testes de compatibilidade eletromagnética acontecerão durante a integração do satélite.	Pendente



ANEXO A – Cronograma do ELISA

Gerente de Projeto

Data inicial/final do projeto

11/11/2019 - 29/12/2022

Concluído

0%

Tarefa

64

Pessoas

0

Tarefa

ID	Nome	Duração	Anteriores
14	Início ELISA	0	
0	Fase do Projeto Preliminar	45	14
3	Formalização dos Processos e Materiais	5	
4	Definição dos Proc. Críticos e Especiais	2	3
6	Montar plano de qual. processos	10	4
7	Montar plano de valid. materiais estoque	15	3
34	Validação dos materiais em estoque	15	7
13	Identificação e detalhamento dos softwares	3	
25	Versão inicial do plano de desenvolvimento dos softwares	5	13
28	Configuração dos docs. já existentes	10	
59	Definição das MIPs	1	28
114	Formalização do acordo fornecimento PIPE-PAPPE	20	
173	Alinhar LIT custos e programação dos ensaios	20	
206	Buscar e acordar com instituição externa a verificação da calibração do EM	30	
31	Preparação da doc. para PDR	5	6, 25, 28, 34, 59, 114, 173, 206
37	Realização PDR	5	31
39	PDR Concluída	0	37
1	Fase do Projeto Detalhado	389	39
68	Finalização da infraestrutura de calibração	220	
87	Desenvolvimento dos softwares para calibração	120	
89	Evolução Plano Des. Softwares	22	
230	Alinhamento e acordo sobre protocolo comunicação e dados INPE	22	
91	Desenvolvimento dos softwares testes funcionais	60	
51	Processo de contratação da Empresa	40	
56	Acordo de realização das MIPs	1	51
46	Revisão dos Projetos Detalhados Eq / Fab (Empresa)	264	51
48	Atualização dos EM (Empresa)	264	51
66	Testes Funcionais EM	264	51
64	Calibração EM	20	66, 68
62	Formalização do processo de calibração	20	64
170	Envio do EM para exterior - verificação da Calibração	10	62, 64
172	Recebimento do EM de volta ao INPE	10	170
93	Preparação para Prontidão de Fabricação	46	
107	Preparação da doc. para MR	20	46, 48, 66
94	Verificação dos procedimentos de fabricação e montagem	20	107
96	Verificação do habilitação da equipe	20	107
98	Verificação da infraestrutura de fabricação	15	107
100	Fornecimento dos insumos críticos para fabricação	40	48
102	Compra dos demais insumos para fabricação	30	66
112	Fornecimento peças mecânicas PIPE-PAPPE	20	66
104	Verificação dos insumos para fabricação	5	100, 102, 107, 112
109	Realização da MR	1	94, 96, 98, 104
111	MR Concluída	0	109
77	Preparação da doc. para CDR	20	111, 172
79	Realização CDR	5	77
81	CDR Concluída	0	79
2	Fase de Qualificação e Fabricação	384	81
115	Construção dos Modelos QM e FM	384	
117	Fabricação do QM	110	81
121	Fabricação dos EGSEs do QM e do FM	110	117
123	Calibração QM	20	127
125	Testes Funcionais QM	30	117, 121
127	Testes Ambientais QM	30	125
129	Elaboração do Dossiê As Built	30	127
131	Preparação da doc. para QR	20	123, 129
139	Realização da QR	5	131
141	QR Concluída	0	139
146	Fabricação do FM	88	141
148	Calibração do FM	30	150
150	Testes Funcionais do FM	10	146
152	Testes Ambientais/Operacionais FM	25	148
154	Preparação da doc. para AR	5	152
162	Realização da AR	1	154

Tarefa

ID	Nome	Duração	Anteriores
164	AR Concluída e Equipamento Entregue para Integração	0	162

Gráfico Gantt

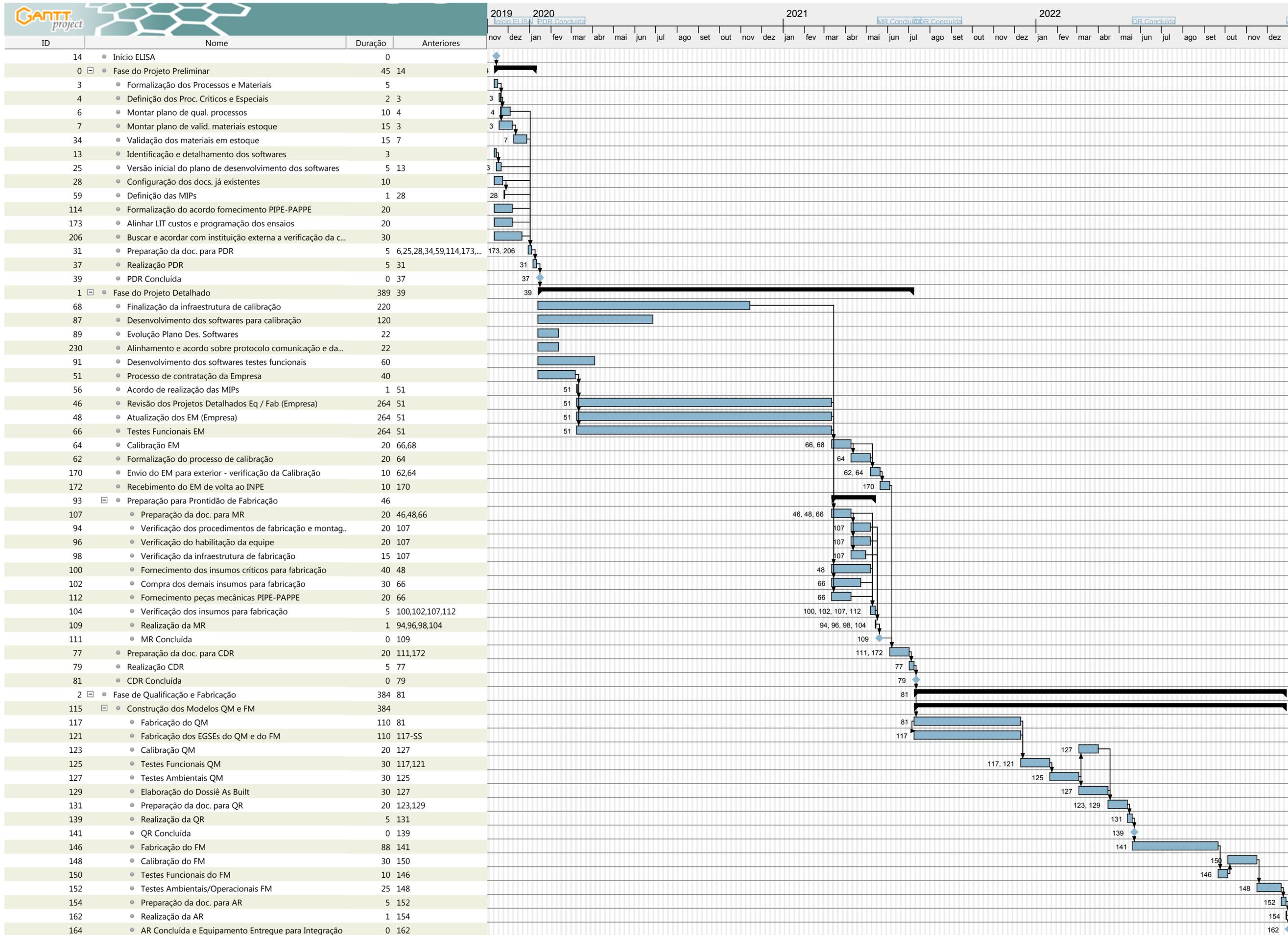


Diagrama de pessoas

